

論文内容要旨

Comparison of the accuracy of
different handheld-type scanners in
three-dimensional facial image recognition

(三次元顔画像認識における
ハンドヘルドタイプスキャナの精度比較)

Journal of Prosthodontic Research, in press.

主指導教員：二川 浩樹 教授
(医系科学研究科 口腔生物工学)
副指導教員：谷本 幸太郎 教授
(医系科学研究科 歯科矯正学)
副指導教員：田地 豪 准教授
(医系科学研究科 口腔生物工学)

土田 優美

(医系科学研究科 総合健康科学専攻)

1. 緒言

顔貌の情報は、顎顔面領域の補綴装置等の製作において重要である。従来はアルジネート印象材と石膏を用いて顔貌の印象採得を行っていたが、患者の不快感や、印象材の重量による顔貌の変形といった問題がある。

近年、歯科医療分野において、ハンドヘルドタイプ三次元光学スキャナで得られた顔貌データを利用した研究が行われており、顔貌スキャンの精度についてはいくつか報告されている。これらの研究の多くは人間の顔を測定対象としており、顔面上の測定点の位置が表情で変化するなどの問題がある。さらに、多くの研究ではノギスを用いて特定の測定点間の距離を評価しているが、ノギスの測定精度には限界がある。また、精確さは「真度」と「精度」を考慮する必要があるが、人間の顔貌スキャンを比較する研究のみでは、精度は評価できるが、真度は評価できない。

そこで、本研究の目的は、石膏像を用いてハンドヘルドタイプスキャナの真度および精度を調べ、その性能を検討することであった。

2. 材料と方法

3種類の石膏像(Agrippa, George, Hermes)について、顔面の12箇所直径4mmのジルコニア球を付与し、測定点とした。各測定点の座標位置を接触型高分解能三次元測定機(QM-measure 353, Mitutoyo)を用いて測定し、鼻根点の測定点(NAS)から各測定点までの距離を計算した値を真値とした。

スキャナは Artec Eva (Artec 3D; Eva), Artec Spider (Artec 3D; Spider), SNAP (DOF; SNAP), Vectra H1 (Canfield Scientific; Vectra), スマートフォン(iPhone X, Apple)と Bellus 3D FaceApp (Bellus3D; Bellus)を使用した。各石膏像について各スキャナで6回スキャンを行い、スキャンしたデータはobjファイル形式として出力した。スキャンに要した時間と、スキャン後にデータ処理に要した時間をそれぞれ記録した。得られたスキャンデータを三次元設計ソフトウェア(Freeform, 3D systems)に取り込み、4mmの球状オブジェクトを測定点の位置に手動で配置した。配置したオブジェクトの中心座標を用い、NASから各測定点までの距離を算出した。この測定値と、真値との差の平均を「真度」、標準偏差を「精度」とした。また、得られたスキャンデータの額部分より抽出されたポリゴンの辺30辺の平均の長さを算出した。

さらに、工業用の高精度光学スキャナ(ATOS CompactScan 2M, GOM)を用いて、Hermesの顔をスキャンした。光学スキャン用ソフトウェア(Artec Studio 12 Professional, Artec 3D)を用いて、高精度光学スキャナのデータと他のスキャナのデータをそれぞれ重ね合わせ、表面偏差カラーマップを作成した。

測定点間距離の真度を、スキャナと測定箇所を要因とした二元配置分散分析とボンフェローニ調整を行ったt検定で分析した。ポリゴンの長さと言真度および精度の相関関係を、Kruskal-Wallis検定とボンフェローニ調整を行ったDunn検定で分析した。すべての統計分析は、統計ソフトウェア(SPSS version 24.0, IBM)を用いて行った。有意水準を5%とした。

3. 結果

スキャン時間は 15.2 から 42.2 秒，データ処理時間は 20.7 から 234.2 秒であった。測定点間距離の真度は-6.44~4.66%であった。Spider は一箇所を除いてすべて±1.00%以内であり，Vectra，Eva，Bellus，SNAP において真度が±1.00%以内であった測定箇所はそれぞれ 79，73，70，42%であった。得られた画像のポリゴンの辺の長さは 0.83~2.10 mm であった。真度はポリゴンの長さが長いとばらつきが大きくなるものの，明確な変化は認められなかったが，ポリゴンの長さが長いと精度が有意に大きかった。高精度スキャンデータと各スキャナの表面偏差は，Spider と Eva はほぼ 0.4 mm 以内であったが，Bellus と SNAP は，鼻や眉，目頭，口裂付近の偏差が 1.0 mm より大きかった。

4. 考察

石膏像を用いることで，接触型高分解能三次元測定機の測定結果から真度と精度を測定することが可能であった。スキャン時間はいずれも人間の姿勢を保持するのに許容できる時間であった。測定された真度は製品によって大きく異なっていなかったが，精度は製品により異なっていた。スキャン精度は Spider が最も高く，次いで Eva，Vectra，Bellus，SNAP の順であった。スキャン精度が異なる原因は，スキャン原理，方法，画像再構成のアルゴリズムにあると考えられる。スキャンデータのポリゴンの辺の長さが長くなると測定点の形状が不鮮明になり，測定点の位置の決定が難しくなった。そのため，真度への影響は少なく，精度に影響があった。

Bellus と SNAP については，鼻や眉などの凸部や，目頭や口裂などの凹部が丸まる傾向を示した。これは，ポリゴンの辺の長さが長くなると，大きな形態変化に追従できなくなるためであると考えられる。また，ポリゴン形状の違いなど，スキャン画像を再構成するためのアルゴリズムが原因である可能性がある。

顔面模型を製作する際の精度は 1.0 mm 以内との報告もあるが，実際の模型では 2.0 mm 程度と考えられる。許容範囲を 2.0 mm とすれば多くの製品が問題ないと考えられるが，目の周りのなどの特定の部位の顔面データを取得する際には注意が必要である。

本研究では石膏像での撮影時の環境や撮影者による違い，顔面における欠損の影響については検討していないため，今後の検討課題と考えている。